

Tecnologías de la información y las comunicaciones: perspectiva científica

JOSÉ ANTONIO MARTÍN PEREDA

1. INTRODUCCIÓN

Las tecnologías de la información y las comunicaciones cubren en nuestros días uno de los espectros más amplios de conocimiento tecnológico existente dentro del extenso campo conocido hoy como de las tecnologías emergentes, nuevas tecnologías o tecnologías punta. Su amplio desarrollo se ha debido, como será detallado más adelante, a su capacidad de servir, por una parte, de soporte básico para el desarrollo de casi todo el resto de las otras tecnologías y, por otra, a su propia capacidad de incidir directamente sobre un amplio segmento socioeconómico con amplias repercusiones, no sólo sobre su propia área de trabajo, sino sobre muchas otras como la Economía, la Calidad de Vida de los ciudadanos e, incluso, sobre el Medio Ambiente. Todo ello ha hecho que, en las últimas décadas, una gran parte del esfuerzo de investigación y desarrollo de los países más avanzados se haya centrado en este segmento tecnológico, sin que los periódicos altibajos a que se ha visto sometido el Sistema Ciencia y Tecnología a lo largo de estos años hayan apenas afectado a su ritmo de crecimiento. Sus repercusiones, que serán analizadas brevemente en las próximas páginas, han alcanzado un nivel tal que hoy es imposible hablar de una sociedad desarrollada sin detallar su nivel tecnológico en este área. Por ello resulta imprescindible el realizar un estudio lo más detallado posible de cuál es la situación presente de las tecnologías de la información y las comunicaciones y de cuáles son las tendencias para un próximo futuro, si se pretende hacer un planteamiento realista de la evolución global de la Tecnología, considerada ésta en un sentido amplio y dependiente, como ya se ha dicho antes, de la evolución de éstas.

Cabría, en consecuencia, indicar en primer lugar, cuál es el área de actuación en el que, de una manera básica, se centran las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC). Para ello lo primero que procede es efectuar una tentativa de definición de las mismas. Y una posible definición es la de *todas aquellas técnicas que tienen relación con la generación, transmisión, recepción, almacenaje y procesamiento de información, tanto para la comunicación humana como entre máquinas.*

De acuerdo con ello, y aunque en algunos casos pueda resultar un tanto difícil la separación nítida entre determinados campos, estas Tecnologías pueden diferenciarse claramente de aquellas otras que se refieren de manera exclusiva a los procesos puros de producción o de las que atañen a la generación de productos de consumo directo. De una forma quizás un tanto simplista, pero que en cierta manera puede aclarar determinados conceptos, las tecnologías de la información tienen más relación con las propias actividades características del ser humano que el resto de las otras tecnologías. Este hecho diferenciador es, en cierta manera, característico de la situación temporal en la que nos encontramos, en la que una gran parte de las necesidades primarias del hombre han quedado ya resueltas y nos encontramos pasando a un nivel diferente de objetivo final a conseguir. Las tecnologías de la información están teniendo en este momento, y como ya ha sido expuesto en numerosos trabajos, ese papel de nuevo avance en el desarrollo humano que, antes, habían desempeñado la revolución agrícola o la industrial.

Si, de acuerdo con la definición anterior, fuera preciso efectuar un listado de las técnicas que pueden considerarse incluidas dentro del entorno que estamos aquí considerando, la relación podría ser tan corta o tan amplia como se quisiera. Ello se debe a que, con una cierta perspectiva, dentro de las TIC pueden quedar incluidas tanto aquellas que se han desarrollado con el único fin de dar soporte al fin último con el que habían sido concebidas, como aquellas otras que les sirven de apoyatura estructural, esto es, las que además de servir para las TIC pueden ser empleadas en otros entornos muy diferentes. De acuerdo con el enfoque que se tome, el campo de cobertura será más o menos amplio y puede llegar a ser desde una estrecha franja de conocimiento hasta un amplio abanico de actividades. De estos dos enfoques, y a modo de síntesis, aquí se planteará una simbiosis de ambos que pretenderá ser, en cierta manera, globalizadora y que, en caso de ser preciso, podrá ser ampliada en el sentido que se desee.

En consonancia con lo anterior, y con el fin de aclarar los campos en los que posteriormente nos moveremos, parece procedente hacer una breve síntesis, con la idea apuntada anteriormente, de las principales áreas que son actualmente cubiertas por las TIC. Y para ello haremos una primera clasificación dividiendo las técnicas empleadas en tres grandes bloques. En el primero se incluirán aquellas que sirven de soporte y cuya función es más de apoyar las necesidades que se planteen o impulsar líneas de actuación, que de tener entidad por sí mismas, al menos en el entorno en el que ahora nos estamos moviendo. En el segundo se plantearán aquellas que son, por su propia filosofía de planteamiento, las que constituyen el verdadero núcleo de las TIC; son aquellas que dan las pautas de trabajo y los objetivos finalistas que conforman su razón de actuar. Finalmente, en el tercer bloque quedarán resumidas aquellas actuaciones que, aunque empleando técnicas análogas a las del se-

gundo bloque, tienen una actuación centrada en entornos alejados de los propios de las comunicaciones o de la información; su segmento propio lo constituyen las coberturas de apoyo a entornos sociales, industriales o de otras tecnologías.

De acuerdo con todo ello, el primer bloque queda configurado con las tecnologías que denominaremos de soporte y en el que se encuentran incluidas la microelectrónica y la fotónica. Ambas, aunque trabajando con diferentes conceptos, poseen en común un mismo hecho que no es otro que el de permitir realizar todas aquellas funciones que puedan ser requeridas en los equipos, subsistemas y sistemas empleados en las tecnologías de la información y las comunicaciones. Es un hecho que ha sido ampliamente reconocido el que el espectacular desarrollo de ambas tecnologías, y más en concreto de la microelectrónica, ha sido debido a las necesidades surgidas de la sociedad de la información en la que nos encontramos. Desde la década de los 40, y tras los avances en comunicaciones derivados de la Segunda Guerra Mundial, la electrónica adquirió un papel de prioridad absoluta en los desarrollos llevados a cabo por los diferentes gobiernos. Con él, se avanzó de manera impresionante en el desarrollo de los conceptos requeridos en redes y circuitos electrónicos, así como en los dispositivos en los que éstos se basaban y, como consecuencia de todo ello, surgió primero la tecnología de semiconductores, y luego, la microelectrónica. Su incidencia en todos los campos de la Ciencia y la Técnica ha sido, desde entonces, incalculable y, por sí misma constituye una de las industrias con más nivel de actividad en todo el mundo desarrollado. La fotónica, por el contrario, no ha tenido hasta los últimos años un desarrollo tan espectacular como el tenido por la microelectrónica. Aunque su eje principal de actividad, el láser, era ya un elemento presente en gran parte de los avances que se realizaban en ciencia y tecnología desde el principio de la década de los 60, su verdadera influencia surgió con el avance de las comunicaciones ópticas, al principio de los 70. Desde entonces, las tecnologías derivadas de principios ópticos en su inicio, y aunadas con otros conceptos de electrónica cuántica después, han comenzado una verdadera carrera para tomar un papel de protagonismo en el avance de los nuevos sistemas de comunicaciones y de procesamiento de la información. Como veremos más adelante, cuando nos detengamos en las perspectivas de desarrollo futuro de ambas tecnologías, el posicionarse adecuadamente en ellas, dentro de las posibilidades de cada país, constituye una verdadera necesidad para cualquier sociedad que aspire a tener un papel relevante en los años venideros. Como es lógico, y por los conceptos vertidos en anteriores párrafos, ambas tecnologías por sí solas no tienen sentido si no es aplicadas a su área natural de incidencia, las TIC, o a las de ellas derivadas.

El segundo bloque lo constituyen las tecnologías de la información y las comunicaciones propiamente dichas, esto es, aquellas cuyo fin último son ellas mismas y

todo el conjunto de necesidades sociales que son capaces de satisfacer. Su entorno de actuación parte, por un lado, de las tecnologías de radiofrecuencia, como soporte propio y no preciso en otros segmentos tecnológicos, como era el caso de las Soporte, y las de ellas derivadas o que las complementan, como las de transmisión o las de conmutación. A ellas hay que agregar todo el conjunto de actividades relacionadas con las propias redes de comunicaciones, tanto por medios guiados como no guiados, y el amplio espectro de servicios de valor añadido cuya importancia económica es creciente cada día. Más adelante, tanto cuando se comenten las actuaciones internacionales que se están haciendo en este campo como cuando veamos las perspectivas futuras de desarrollo, podremos volver a tomar contacto con este entorno de actuación.

Y si por una parte se encontraban las tecnologías de las comunicaciones como uno de los ejes de actividad en TIC, el segundo aspecto lo constituyen las de la información, cuyo segmento propio no es otro que las técnicas informáticas y sus aplicaciones en el terreno de la información. Y en este entorno nos encontramos desde los elementos básicos constituidos por todos los equipos involucrados, desde las pequeñas máquinas hasta los últimos desarrollos de sistemas de cálculo, junto con las herramientas requeridas (*software*) que constituyen, en sí mismas, una verdadera línea de actividad en un gran número de países. La demanda de estos productos es ampliamente conocida por todos y, dado el gran número de trabajos que se han centrado en este tema, no parece procedente incidir más aquí sobre ello.

Finalmente, como último gran bloque de actividad en el área de las TIC, es preciso hacer mención a todo un amplio abanico de actividades que involucran a las dos tecnologías antes mencionadas y que prestan un servicio nuevo dentro de la sociedad de nuestros días. Entre estas actividades pueden citarse, a modo de ejemplo: la domótica, la aviónica, el *Software* para enseñanza o la informática aplicada a los discapacitados. Cualquiera de todas ellas constituye una actividad, por sí sola, que puede dar cobertura a un amplio sector de la población, así como ser un mercado potencial de innegable importancia.

Con todo lo anterior se ha querido centrar el entorno de actuación en el que se mueven hoy las TIC y que servirá de referencia a los siguientes apartados. En ellos, como es obvio, después de hacer una breve síntesis de cuál es la situación a nivel mundial, nos detendremos en la de nuestro país, distinguiendo claramente dos etapas claras. Una, la anterior a la implantación del Plan Nacional de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico y otra, la posterior a él y que llega hasta nuestros días. De acuerdo con todo lo que allí se plantee, y como consecuencia de ello, se hará una reflexión sobre las posibles pautas de actuación para el futuro.

2. SISTEMA INTERNACIONAL

De las muy diferentes actuaciones que han surgido a nivel mundial para el desarrollo de las TIC, por razones de la situación de nuestro país, la primera referencia parece obligada hacerla al Programa Marco de la CEE. Este hecho es lógico dado que, por una parte, el Programa de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, contenido en el Plan Nacional de I+D y que luego será analizado con más detalle, fue concebido en sus orígenes como una apoyatura a los grupos de nuestro país que estuvieran trabajando en este campo, así como para fomentar la creación de otros nuevos. Con ello se pretendió activar la presencia española en los correspondientes programas de la CE y fomentar la competitividad de los entornos académico e industrial. Por ello nos detendremos, en primer lugar, en este Programa Marco y, posteriormente, comentaremos algo de lo que se ha llevado a cabo en otros países de nuestro entorno socioeconómico.

2.1. Programa Marco de la CEE. Programas relacionados con tecnologías de la información y las comunicaciones

2.1.1. Del Programa RACE y su entorno de actuación

De todos los programas del Programa Marco, el que sin duda posee un mayor contenido de incidencia sobre las tecnologías de las comunicaciones es el programa RACE. Pero antes de introducirnos de lleno en el análisis de los objetivos de este programa, parece procedente hacer unas breves consideraciones sobre el mercado mundial de las telecomunicaciones, dado que su situación es pieza clave para comprender las diferentes acciones que se pueden y deben hacer en este sector.

El primer hecho que debe señalarse es el alto grado de interconexión que tiende a hacerse hoy entre los diferentes grupos de nuestro planeta. Podría decirse que todo aparece interconectado de una manera u otra, personas e instituciones, empresas y servicios. Este hecho determina un continuo cambio en las estructuras de base, dado que, muy difícilmente, cualquiera de todos esos entornos puede considerarse estático. Por ello, una estrategia adecuada para las telecomunicaciones, y no sólo para las telecomunicaciones, deberá asentarse sobre tres pilares básicos: el factor de mercado, el financiero y el tecnológico. En torno a ellos un magma interrelacionador coordina sus acciones. Este magma no es otro que el de la política de telecomunicaciones que se haya decidido en cada momento. Política que, como es natural, estará fuertemente interconexionada con la otra política, la política de cada situación. Todo un conjunto de leyes, de carácter regional, nacional o internacional, regularán en cada situación las acciones que se deberán o podrán tomar. En el momento

presente, la mayor parte de estas decisiones quedan ya por encima de las voluntades nacionales, pasando, como en otros terrenos, a adquirir un marcado carácter supranacional. Por ello, como primer punto que es obligado considerar como básico a la hora de tomar decisiones de tipo interno, las relaciones de las políticas nacionales en telecomunicaciones con las que con ellas se coordinan de nivel internacional son un factor básico sobre los condicionantes primarios que deben tenerse en cuenta para una actuación en este entorno.

Y si las políticas de telecomunicación marcan una frontera en las acciones que pueden emprenderse, no lo marcan menos los tipos de mercado a los que va a encaminarse el producto final. Una iniciativa dirigida, como es la que aquí nos atañe, no puede establecerse sin un objetivo claro de los destinos finales que deben tener los productos resultantes. Y estos objetivos jamás deben permanecer ajenos al mercado último en el que los productos resultantes tratarán de introducirse, bien por demanda de los propios mercados o bien en competencia directa con otros equivalentes. En el caso presente estos mercados son notoriamente distintos de los existentes en otras tecnologías. La razón de este hecho se debe, como es bien sabido, a que los principales usuarios en este caso son los operadores de Red que, en la mayoría de los países de nuestro entorno, no son otros que instituciones fuertemente vinculadas a las correspondientes Administraciones. Esto ejerce una acción muy diferenciadora con otros mercados, tanto en las ventajas derivadas de una posible programación de largo alcance como en las desventajas de un cliente muy determinado. Existen, como es obvio, otros posibles clientes y usuarios de los productos derivados de las TIC, pero el peso principal sigue recayendo en aquéllos.

Conjuntamente con lo anterior, aparece otro hecho notoriamente diferenciador en las tecnologías que aquí nos ocupan. Es el carácter de *tecnologías asesinas*, como algunas veces han sido denominadas, por el hecho de su vertiginosa capacidad de obsolescencia. En estudios realizados por los laboratorios de Bellcore, en Estados Unidos, se han obtenido resultados que indican que el ritmo de penetración y vida de las tecnologías más significativas en este campo es decreciente, con un tiempo medio de menos de la mitad para cada nueva tecnología que aparece con respecto a su precedente. Así, por ejemplo, en el caso de la evolución de la tecnología de componentes para comunicaciones, puede apreciarse que si la vida de los componentes electromecánicos fue de unos sesenta años, la de los electrónicos discretos pasó a ser de treinta, la de los circuitos integrados convencionales fue de quince, mientras que la actual de los derivados de la *integración a gran escala* (LSI) no durará más de siete. No puede predecirse cuál puede ser la de la próxima generación, basada en la *integración a muy gran escala* (VLSI). Este hecho ofrece una situación de consecuencias muy comprometedoras, ya que sólo con un mercado muy seguro, y con un muy elevado nivel de ventas, podrán emprenderse en el futuro desarrollos

con un carácter altamente penetrante en los mercados internacionales. Esto sólo puede conseguirse, como es lógico, mediante una fuerte cooperación entre los Estados de un mismo entorno y a través de sus correspondientes grandes empresas. Esto para el caso de naciones de un tamaño medio, como pueden ser las que integran la CEE.

El hecho anterior de rápida obsolescencia de los productos no debe interpretarse únicamente en el sentido de una rápida inversión para la puesta en movimiento de un producto, seguida del abandono del mismo cuando ha dejado de tener vigencia. Esto llevaría consigo la fácil consecución de mercados por parte de aquellos medios con una mayor disponibilidad económica. Conjuntamente con esto se presenta un nuevo hecho, que es también muy diferente con respecto a las otras situaciones del resto de las tecnologías. Es el de la previsible rápida recuperación de los fondos invertidos, gracias al gran tamaño del mercado en el que estos productos se ponen en movimiento. Pero el mercado, eso sí, ha de tener carácter global. No puede quedar reducido al de un país de nivel medio, como el nuestro, porque las inversiones requeridas son mucho más elevadas de lo que éste puede aportar.

E introduciéndonos ya en los mercados actuales, parece procedente dar algunas cifras de carácter orientativo, que enmarquen los niveles dentro de los que se mueve el mercado de las tecnologías de la información en un sentido amplio. De acuerdo con estadísticas del año 1989, y centrándonos en concreto en el segmento que requiere un mayor nivel del desarrollo en los próximos años, el de las comunicaciones integradas de banda ancha (IBC - *Integrated Broadband Communications*, en terminología anglosajona), el mercado de las telecomunicaciones arrastra consigo el orden de los 50 billones de ECU/año, el de la Electrónica de Consumo, un valor equivalente, unos 55 billones de ECU/año y el de los ordenadores al menos 160 billones de ECU/año. El mercado de tecnologías soporte, en el sentido dado anteriormente, llega a los 28 billones de ECU/año. Estas cifras, con las variaciones normales dependiendo de las diferentes situaciones, dan una idea de la magnitud del mercado involucrado y que, sin duda, es objetivo de todos los bloques socioeconómicos.

En ese mercado la posición europea, y en la debida proporción la española, se encuentra en una situación relativamente desahogada, siendo la incidencia de los países de la CEE relativamente significativa. Pero no ocurre lo mismo en los otros tres segmentos. En el caso concreto del mercado de ordenadores, Europa, y mucho más España, se encuentran muy alejadas de los dos grandes gigantes del sector, Estados Unidos y Japón. Algo equivalente, aunque quizá no en la misma proporción, sucede en los otros sectores, el del consumo y el de los componentes. De hecho, el déficit comercial en estos tres últimos sectores era de 12 billones de ECU en el mercado de los ordenadores, de ocho en el de consumo y de tres en el de componentes, en el

año 1987. El mercado de las telecomunicaciones era el único que daba superávit, con unas cifras que rondaban los dos billones de ECU.

Esta imagen en modo alguno debe considerarse como la de una batalla ya perdida, ya que si la misma fotografía se hubiera tomado hace unos 25 años, en la mitad de la década de los 60, habría dado el resultado de un Japón en un estado casi desesperado. De ello puede desprenderse la lección de que planteamientos acertados pueden llegar a trastocar por completo situaciones en principio irreversibles, siempre que el camino correcto se emprenda con ánimo y con perseverancia.

Otra lección que puede obtenerse de datos como los presentados anteriormente es la que viene del resultado de comparar las posiciones de Estados Unidos y Japón. Si Japón ha sobrepasado a Estados Unidos en el terreno de la electrónica de consumo, lo ha sido preferentemente gracias a la fuerte supremacía que posee en el terreno de las tecnologías de estado sólido y más en concreto en la de semiconductores. Estados Unidos, por el contrario, es superior en el de ordenadores. Y lo es principalmente por su fuerte ventaja en el terreno de las herramientas lógicas, esto es, del *software*. Ambas tecnologías, las que por nombre ya ampliamente extendido podemos designar como *Hardware* y *Software*, son así las responsables, en un caso y en otro, de los puestos de privilegio que Estados Unidos y Japón han adquirido sobre Europa.

Al mismo tiempo que se menciona lo anterior, es preciso hacer mención también de otro hecho significativo. Es el de que en el futuro va a ser muy difícil la separación de las tecnologías de la información de las comunicaciones propiamente dichas. Si en un próximo pasado ambas industrias habían tendido a optimizar sus mercados independientes del resto, el momento actual ha de olvidarse de esa situación, dada la próxima concentración de funciones que va a tener lugar. La existencia de terminales multiuso, así como la introducción de redes locales de banda ancha, capaces de concentrar y transportar cualquier tipo de servicios, en lo que ya algunos denominan *infoductos*, obligará próximamente a una fuerte cooperación entre estas tecnologías antes dispares.

De acuerdo con lo anterior, la CEE, en los últimos Programas Marco, ha presentado la solución europea a los anteriores problemas mediante el desarrollo del programa RACE. Su contenido permitirá la puesta en práctica, en los últimos años del presente siglo, de toda la tecnología necesaria para la implantación de una red de comunicaciones de banda ancha en la que puedan ser integrados todos los servicios actualmente dispersos a través de diferentes operadores de red. Tanto la telefonía actual como la previsible videotelefonía futura, la distribución de TV de alta definición, la transmisión de datos mediante paquetes, la videoconferencia, y muchos otros servicios equivalentes podrán ser así introducidos a través de un único canal. El camino está así trazado a nivel europeo y los países que forman parte de

la iniciativa, entre los que se encuentra España, habrán de acompañar su paso en los próximos años a la misma.

2.1.2. Del Programa ESPRIT y su entorno de actuación

Si anteriormente se ha mencionado el hecho de que el Programa RACE era el que más puntos de conexión podía tener con la parte de tecnologías de las comunicaciones que aquí nos atañen, algo parecido podía decirse con el programa ESPRIT y sus relaciones con algunos entornos de la actuación de nuestro país en este segmento. Aunque algunos programas, como el AIM o el DRIVE, podían también ser incluidos en este apartado, debido al hecho de la mayor envergadura de ESPRIT, y dado que en otros capítulos serán trasladados con mayor detalle, aquí nos centraremos más en éste y, sobre todo, en aquello que se refiere más a su filosofía de actuación que a su temática concreta. Esto es, se realizará aquí un planteamiento equivalente al hecho para el RACE, del que se ha pretendido extraer más un comportamiento ante una situación que unas líneas concretas de trabajo.

Y el primer hecho que habría que poner de manifiesto es que la situación de España, en el terreno de las TI es, con respecto a la mayor parte de los países avanzados de la CEE, muy equivalente a la que éstos se plantean de sí mismos con respecto a EE.UU. y a Japón. Esto es, que si los grandes países de la CEE se encuentran en un nivel inferior que el de los dos grandes, nuestro país podemos considerarlo situado en un nivel adicional por debajo de los anteriores. Esta situación hace que los planteamientos que se pueden hacer sean muy restrictivos con respecto a los movimientos posibles y, por otra parte, que en cierta manera, y salvando todas las distancias, quizá podría plantearse un cierto paralelismo con la política que está desarrollando la CEE en este campo y la que podría desarrollar España. Es obvio que, para ello, es preciso hacer, en primer lugar, un análisis lo más exhaustivo posible de los nichos en los que nuestro país podría situarse con un posicionado no muy desventajoso, tema que queda en parte fuera del objetivo de estas líneas. Y también, y como segundo punto a considerar, que habría que estudiar las ventajas y los inconvenientes de ejercer una acción concreta en este campo en el que, como veremos, la competencia mundial es la más grande de todas las posibles. Pero dejando aparte esto, y a modo de breve síntesis de la situación internacional necesaria para enmarcar nuestras posibles acciones futuras, debemos pasar al planteamiento de cuál es la panorámica que nos ofrecen las TI en el momento actual y cuál es su relación con la actividad de I+D.

El primer factor a considerar es el del *coste constante creciente de todas las fases de la I+D, si se quiere intervenir en el juego de las nuevas tecnologías*. A modo de ejemplo puede señalarse que los gastos de I+D necesarios para llevar a cabo las primeras

etapas de un microprocesador de 8 *bits* son del orden de los 25 millones de ECU. Si se quiere pasar a un nivel competitivo a escala internacional, como podría ser el de uno de 32 *bits*, el costo pasa a incrementarse a 125 millones de ECU. Si lo que se pretende obtener es una memoria de 16 K, el coste de los gastos de I + D llega a los 35 millones de ECU pero si se pretende alcanzar a un mega, se incrementa en un orden de magnitud, alcanzando los 350 millones de ECU. Por lo que refiere al mínimo coste de una planta de producción de Circuitos Integrados, si en 1978 bastaba con 10 millones de ECU, en 1984 subía ya a los 100 millones de ECU.

El segundo factor se refiere a la *necesidad de explotar todas las posibles sinergias con otras industrias, potencialmente emergentes, pero que tradicionalmente han estado un tanto alejadas de las actuales*. Entre éstas pueden mencionarse a la de componentes electrónicos, a la de procesamiento de la información y a la vista anteriormente de comunicaciones.

Como tercer factor aparece una consecuencia lógica de los anteriores y es la de que *estos factores sobrepasan las capacidades tecnológicas y económicas de los más poderosos países y las más potentes compañías*. Todo esto ha forzado, en el caso europeo, a un incremento en la presión para establecer cooperaciones de manera que se compartan los riesgos y los costes.

Una vez planteada la situación global, procede ahora hacer una breve disquisición sobre los principales entornos en los que se mueve, de manera tradicional, el área de la TI. Y estos principales entornos, al menos tal y como han sido vistos en la mayor parte de las planificaciones internacionales y, más en concreto, en los estudios realizados por la CEE, son los siguientes:

- Microelectrónica.
- Sistemas de procesamiento de la información.
- Ofimática y domótica avanzadas. Periféricos.
- Ingeniería y fabricación asistida por ordenador.
- Investigación básica.

De estas líneas, la cuarta no debe ser tratada aquí dado que dentro de nuestro actual Sistema de Ciencia y Tecnología se encuentra en el entorno de las Tecnologías Avanzadas de la Producción. Por lo que respecta a la quinta, la de Investigación Básica, es importante señalar el énfasis que se le da como punto de apoyo para mantener una competitividad significativa a largo plazo, y en concreto, se señalan como áreas de particular interés las de:

- Dispositivos optoelectrónicos avanzados.
- Síntesis de programas.
- Problemas relativos a la eficiencia de algoritmos secuenciales, paralelos y distribuidos.

Por lo que se refiere al segundo entorno, el de sistemas de procesamiento de la información y del *software* relacionado con ella, los principales objetivos estratégicos se relacionan con las arquitecturas paralela y distribuida cuyo desarrollo tecnológico se corresponde con un creciente segmento de aplicaciones complejas, incluyendo aquellas que requieren una muy alta fiabilidad, como pueden ser los sistemas de transporte. Igualmente, todo lo relacionado con la interfase hombre-máquina, cuyo comportamiento representa un factor crucial en la diseminación de las TI, así como las interfases entre el ordenador y el mundo externo, a través del reconocimiento de la voz, las imágenes o el texto escrito, constituye uno de los principales polos de atención de todas las actividades de este sector a nivel mundial. Finalmente hay que recalcar la importancia de la producción de *software* que, a pesar del progreso habido en los últimos años, todavía es bastante insuficiente en calidad, integridad, reusabilidad, mantenimiento y facilidad de uso.

3. SITUACIÓN Y EVOLUCIÓN EN ESPAÑA

3.1. Introducción

La situación de nuestro país con respecto a la de los países desarrollados de la CEE, en el área de las tecnologías de la información y las comunicaciones, no difiere mucho, en lo que a valor relativo se refiere, de la que ya hemos visto de la CEE con relación a Estados Unidos y Japón. Como veremos posteriormente, las comunicaciones han ejercido desde hace ya bastantes años un tirón muy significativo sobre la industria del sector y, en cierta manera, podría decirse que la posición de España ha sido parcialmente satisfactoria, al menos en lo que a balance económico se refiere. Pero como también veremos, los desequilibrios entre unas regiones y otras, esencialmente en lo que se refiere a nivel académico, grupos activos en el área y dotación de Infraestructura, no era la óptima. De todo ello se derivó la necesidad de ejercer una acción significativa sobre el sector que, por una parte, tendiera a nivelar los anteriormente mencionados desequilibrios y, por otra, estimulara los contactos de los entornos académicos con los industriales. Este hecho será comentado con más detalle posteriormente.

3.2. Antes del Plan Nacional de I+D (hasta 1987)

Como ya se ha mencionado anteriormente, la situación industrial española en estas tecnologías de la información y las comunicaciones presenta un gran desequilibrio entre dos grandes sectores. Por una parte, en telecomunicación se dispone de una industria con un potencial y un nivel tecnológico relativamente avanzado y con una balanza comercial aceptable, aunque, como es lógico, sensiblemente inferior a

la del resto de los países de la CEE con los que somos deficitarios. Al cariz conservador típico del sector se añade el que la mayor parte de las industrias importantes son empresas mixtas con multinacionales. Dado que en algunos casos la empresa española es Telefónica, nos encontramos con un entorno en el que el fin básico es el autoaprovechamiento de un mercado oligopolístico. La industria restante, nacional y no Telefónica, es de pequeño tamaño y muy reducida, aunque dispone de una vocación innovadora no desdeñable.

Por el contrario, el sector de la industria informática española, de propósito general, sigue embrionario y depende de multinacionales con vocación exclusivamente comercial, o bien mezclada con producción fabril parcial de alguno de sus productos, para obtener ciertos beneficios de las condiciones generales de producción, de apoyos específicos del gobierno, o para servir de plataforma para el mercado europeo. Pero de una manera general, puede decirse que su aportación tecnológica es casi nula o muy pequeña. Además de ello, la situación del sector es doblemente grave porque las posibilidades de disponer de una producción tecnológica propia son muy limitadas. Los intentos que ha habido no han resultado fructíferos y, por otra parte, el sector está considerado de importancia estratégica y, paradójicamente, aceptado en algunos entornos como abordable y muy prometedor para la industria nacional.

La tecnología del *software* informático ofrece, por el contrario, buenas perspectivas tanto en sus aspectos de soporte al desarrollo electrónico, en la llamada ingeniería del *software*, como en el área de inteligencia artificial. En este caso, como es sabido, se trata de aquellos aspectos de valor añadido a los sistemas informáticos que constituyen casi el 80 por ciento del valor final de los mismos. Especial importancia tiene la informática encastrada en sistemas de propósito específico tales como radares, centrales telefónicas, cajas de comunicación, robótica, etc. Es una Informática tan avanzada como la de propósito general o la de aplicaciones de gestión, pero con reglas de mercado distintas y más asequibles para empresas nacionales que aquéllas. El mercado, en este caso y como ya se ha dicho antes, está en manos de multinacionales con escasa presencia investigadora en España.

Finalmente, nos encontramos con otro entorno de importancia, que es el del uso de estas tecnologías en sectores afines, en el sentido dado en el anterior apartado, tales como defensa, producción, medicina, etc. En general, en casi ninguno de ellos la situación se encuentra en un estado estable, lo que implica la posibilidad de localizar determinados aspectos ventajosos. En esta zona se han desarrollado, en los últimos años, algunas de las industrias más prometedoras del sector.

Y si lo anterior se refería, casi exclusivamente, al segmento de la industria vista desde una perspectiva muy general, parece procedente pasar ahora al estudio de cuál era la situación de nuestro país antes de la entrada en vigor del Primer Plan Nacional de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico. Y esta situación apa-

rece muy claramente reflejada en el estudio que realizó Fundesco, en colaboración con el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, sobre la *comunidad científica española en las tecnologías de la información*. Este estudio, que fue publicado en 1987, recoge en dos volúmenes la perspectiva general y el análisis por áreas de actividad, así como de los grupos existentes en aquel momento en nuestro país, de todos aquellos entornos relacionados con las tecnologías que aquí nos atañen. No parece procedente, dada la envergadura del estudio y la publicidad que tuvo en su momento, hacer aquí un análisis de los datos allí presentados, aunque sí parece necesario el que, al menos, se den unas breves pinceladas de sus conclusiones.

Las áreas específicas en las que se dividió el informe fueron nueve, muy concordantes, en algunos casos, con las que se presentaron como prioritarias en el correspondiente Programa Nacional. Estas áreas fueron:

- Arquitectura y tecnología de computadores.
- Automática y robótica.
- Inteligencia artificial.
- Microelectrónica y optoelectrónica.
- Radiocomunicaciones.
- Redes y servicios telemáticos.
- Tecnología del *software*.
- Transductores.
- Tratamiento de señales.

Sin entrar en detalles, que pueden verse en el referido trabajo, los dos temas que concentraban un mayor número de grupos eran los de automática y robótica y microelectrónica y optoelectrónica. Esto resulta, cuando menos, digno de ser resaltado, dada la proverbial penuria que ha vivido nuestro país, desde los inicios de la época electrónica, de actividades significativas en las áreas de microelectrónica y optoelectrónica. Una interpretación de este resultado puede ser la debida a que la integración de un grupo en una determinada área de actividad se realizó de una manera personal. Y aunque determinados grupos trabajaran en temas de semiconductores que más podían englobarse en el área de física del estado sólido que en microelectrónica, una cierta tendencia hacia encuadrarse en su entorno tecnológico alteró, en cierta manera, el resultado final. La realidad española es en este campo, como ha sido reconocido de manera reiterada, bastante escasa, salvo las acciones que, de manera dirigida, se han venido haciendo desde la Administración. Por lo que se refiere al otro entorno, el de la Automatización y la Robótica, la importancia de este segmento se ha visto reflejada en la existencia de un Programa Nacional, dentro del Plan Nacional, dedicado exclusivamente a él. Dado que este último entorno no queda incluido directamente en el tema que nos ocupa, no nos detendremos más en él.

Por lo que se refiere al resto de las áreas, y sin entrar en detalles numéricos, es de señalar un hecho importante que aparecía de manera clara en el antedicho estudio. Se refiere a la repartición geográfica de los grupos trabajando en TIC. Aunque más adelante volveremos a ello, es preciso señalar aquí el que prácticamente los grupos más significativos del país se encontraban repartidos entre Madrid y Barcelona. El resto de las regiones del Estado ofrecía una panorámica bastante deprimida, tanto en lo que se refería a personal como a infraestructuras. Este hecho fue uno de los puntos de partida para la planificación del Programa Nacional correspondiente a este área.

3.3 Impacto del Plan Nacional de I+D

El Programa Nacional de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones surgió como respuesta a la necesidad existente en nuestra sociedad de aglutinar, en un único entorno, las diversas actividades que en este campo se habían estado realizando en nuestro país en los últimos años. Como ya ha sido comentado en el apartado anterior, el nivel relativo de nuestros profesionales en el área de las Comunicaciones no era, en cierta manera, inferior al de los de otros países equivalentes, principalmente en el segmento de las Comunicaciones. La razón de ello quizá pueda haberse debido al desarrollo relativamente reciente de estas tecnologías y que, quizá por ello, los dedicados a ellas no poseían una historia pasada con demasiado lastre. Es de señalar también el hecho de que, ya en 1987, el número de colaboraciones entre centros académicos y las industrias del sector era bastante fluido, cosa que no se daba en otros sectores.

Pero si el nivel existente era, en cierta manera, adecuado, no podía decirse lo mismo de la repartición geográfica de los entornos de actividad ni, incluso, del número de grupos e investigadores existentes. Si a este hecho se añade el factor ya comentado antes de una industria cautiva en determinados segmentos, aparece una mezcla de factores positivos y negativos cuya coordinación, desde un punto de vista de simple iniciativa privada, puede resultar tremendamente difícil.

Y si el campo de las comunicaciones presentaba una serie de disfunciones bastante acusadas, el de la informática, o en un sentido más amplio el de las tecnologías de la información, ofrecía una problemática muy diferente y no por ello menos preocupante. La repartición de objetivos entre los diferentes entornos de actividad reflejaba una panoplia de solapamientos y de carencias, cosa que es normal en todo volumen no articulado. La disparidad de criterios de actuación hacia fines homólogos era clara y, más aún, no estaban netamente definidos los contornos de las zonas de actuación en las que nuestro país debería centrarse si quería representar un papel digno dentro de su nivel en el concierto internacional. A pesar de ellos, y como también ha sido dicho antes, la industria existente, aunque escasa y no muy grande en sus dimensiones, ofrecía en ciertas áreas un grado de actividad ciertamente alto, aun-

que esta actividad quedase centrada en unas pequeñas áreas más de creación que tecnológicas en el sentido *hardware*.

En función de los anteriores hechos, el planteamiento que se efectuó para la confección del actual Programa Nacional de Tecnologías de Información y las Comunicaciones se basó en tres coordenadas horizontales, como ejes prioritarios de actuación. Estos tres ejes habían de coincidir, como era evidente, con análogos de los restantes Programas. Pero aquí había que darles un contenido en cierta manera más específico, dadas las carencias y disfunciones arriba mencionadas. La primera coordenada debía tener como objetivo prioritario la formación del mayor número de tecnólogos en el área, dada la carencia endémica que sufría nuestro país. Es de señalar que el énfasis debería hacerse más en el interior del país que enviando a formar estudiantes a Universidades extranjeras. Esto estaba basado en lo mencionado anteriormente de la relativa calidad de los grupos existentes.

La segunda coordenada debía tener como fin la mejor repartición geográfica de los entornos de actividad. Madrid y Barcelona deberían seguir quedando como polos principales de acción, pero el resto de las regiones españolas deberían también participar en la actividad global del país. Y para ello, amén de fomentar la creación de nuevos grupos, debería estimularse también la coordinación entre los existentes, sobre todo cuando trabajasen en áreas coincidentes.

Por último, la tercera coordenada habría de incidir sobre las actividades de la industria, activando la colaboración con los centros académicos y fomentando la transferencia de los resultados de I + D de éstos a aquélla. De esta colaboración debería resultar una elevación del nivel tecnológico de las empresas para propiciar su integración a la escala europea.

Estas tres coordenadas, en cierta manera comunes con el resto de los Programas Nacionales, deberían cortarse con otro conjunto de coordenadas verticales que dieran cuenta de los objetivos prioritarios que deberían ser tratados en el Programa. Estas coordenadas son las que han ido apareciendo, de manera regular, en las cuatro convocatorias habidas hasta la fecha del Plan Nacional. Como es lógico, estos objetivos aparecen divididos en dos grandes bloques que se corresponden con las dos grandes líneas del Programa: las comunicaciones y las tecnologías de la información.

Por lo que respecta al primer bloque, compuesto de cuatro grandes áreas, puede señalarse que abarca desde las tecnologías más convencionales y establecidas, como son las de radiofrecuencia, hasta las más recientes y en las que puede considerarse descansa gran parte del futuro de las comunicaciones, las de radiaciones ópticas. La introducción de ambas radica en la necesidad, por una parte, de asentar lo conseguido hasta hoy y, por otra, en conseguir una base firme para el próximo futuro. Este nivel tecnológico se continúa con otro centrado en las Técnicas de Codificación y Procesado de la Señal; este nivel constituye algo así como el sistema nervioso que

debe poner en funcionamiento la tecnología del anterior. Por último, el nivel superior tiene como fin la aplicación de los anteriores a entornos más dirigidos al propio usuario, esto es, el análisis y la simulación de sistemas.

El segundo bloque, en el que están contenidas las líneas que se consideraron prioritarias en las Tecnologías de la Información, tiene algunos aspectos que son, en cierta manera, tangenciales con el anterior. Ello se debe a la fuerte introducción de la telemática en nuestra sociedad y cuya base conceptual abarca tanto tecnologías de comunicaciones como informáticas. En él aparece como primer objetivo, el *Software* para aplicaciones concretas en tecnologías de la información y las comunicaciones. Queda por ello fuera del Programa, en su versión actual, el *Software* genérico de uso no específico. La inteligencia artificial, también con análoga aplicación, es la segunda línea que aparece. Finalmente, la arquitectura de computadores, como tema en el que las posibilidades de incorporación a una corriente mundial de absoluta prioridad son factibles, es el último bloque de temas preferentes. Como puede apreciarse, no aparecen aquellos entornos en los que nuestro país difícilmente podría incorporarse para desempeñar un papel adecuado a su situación y sí lo hacen, en cambio, aquellos otros que o bien pueden servir de apoyo para otros sectores o, en sí mismos, constituyen objeto preferente de atención.

Principales resultados obtenidos: movilización y coordinación

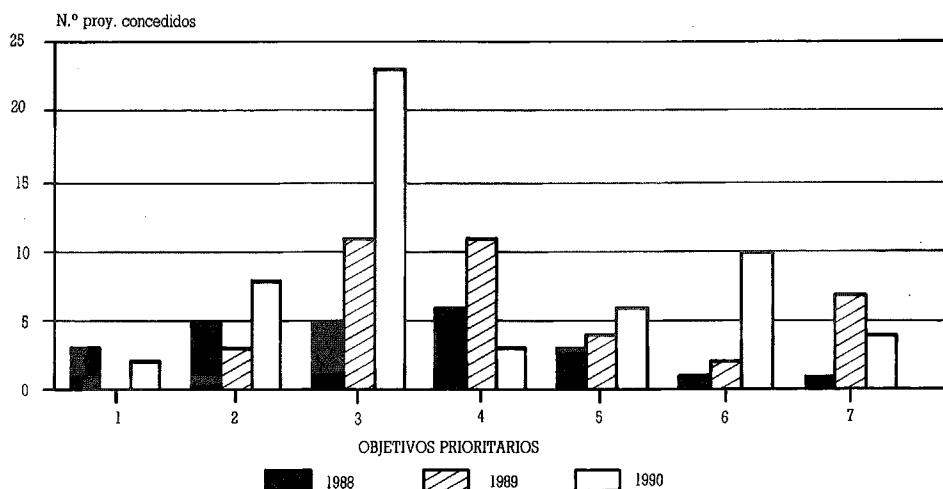
Las Memorias publicadas en los últimos años por la Secretaría General del Plan Nacional de I+D, y en las que se vierten los principales resultados obtenidos en cada uno de los tres años en los que ha estado operativo el Programa Nacional de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, dan prueba de la acción de movilización y coordinación de y entre grupos de actividad en este sector. Como es lógico, y ha sido ya indicado en numerosas publicaciones, aún no se ha conseguido el estado que podría denominarse óptimo, pero, como veremos, el camino emprendido parece dar señales de que, siguiendo a la misma velocidad, se alcanzará en un plazo no muy lejano. Para tener una idea más aproximada, y sin profundizar en detalles muy prolijos que aparecen en las mencionadas Memorias, de lo que se ha logrado, y con ello conocer en cierta medida la situación actual española en este sector, pasaremos a dar unas breves ideas de los principales resultados obtenidos en cada una de las acciones y líneas emprendidas por el Programa.

Formación de Personal Investigador

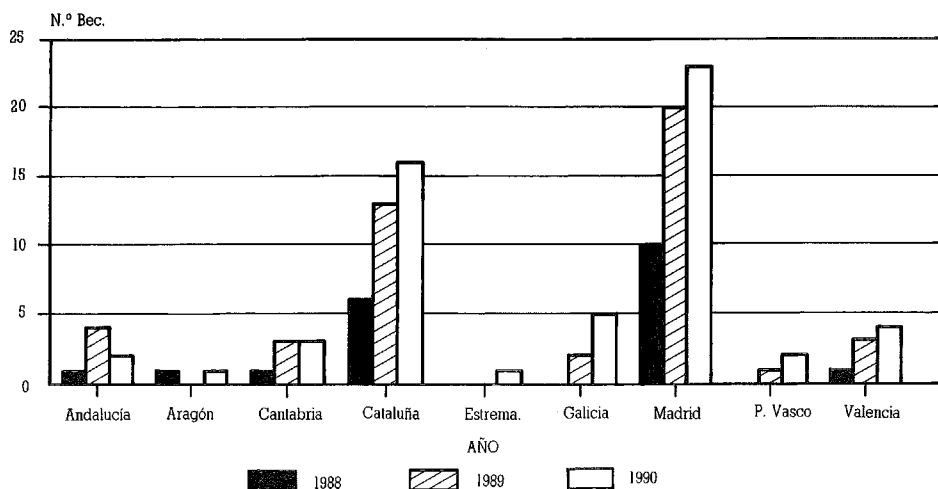
Cómo ya ha sido dicho en apartados anteriores, uno de los principales problemas que presentaba este sector estribaba en la carencia de personal formado en estas

tecnologías y que fuera suficiente, en número, para satisfacer las necesidades existentes, tanto en los centros académicos que se están creando en toda España, como en las empresas con actividad en TIC. La formación precisa debe de hacerse, además, en dos niveles muy diferenciados. Uno primero en España, en torno a aquellos grupos cuyo nivel de actividad sea lo suficientemente alto y de calidad como para garantizar una formación adecuada. El segundo, por el contrario, debería realizarse en el extranjero, pero sólo cuando o no existiesen grupos adecuados en nuestro país o las técnicas a estudiar no estuviesen presentes en ningún centro español.

Ambas tareas han sido realizadas de una manera muy efectiva en los tres años



Formación personal investigador. Evolución objetivos prioritarios.



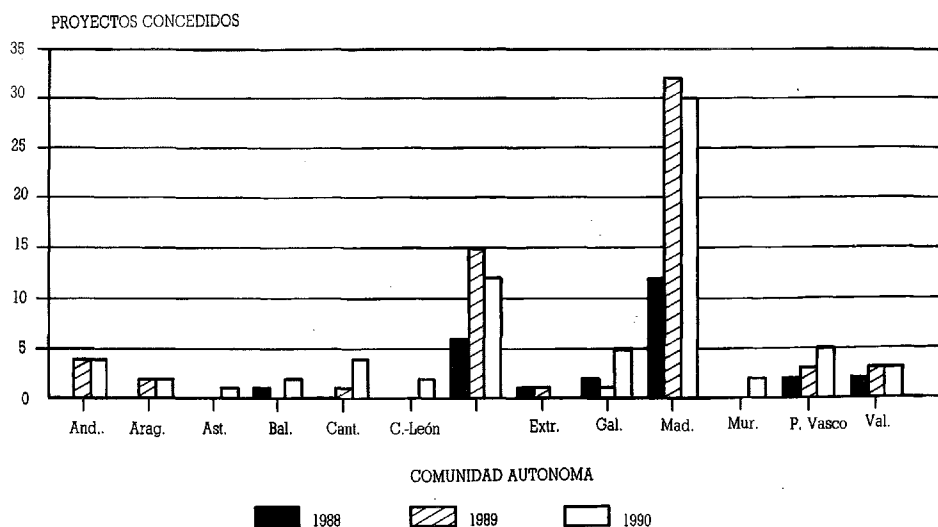
Formación personal investigador. Evolución comunidades autónomas.

Ciencia, tecnología e industria en España

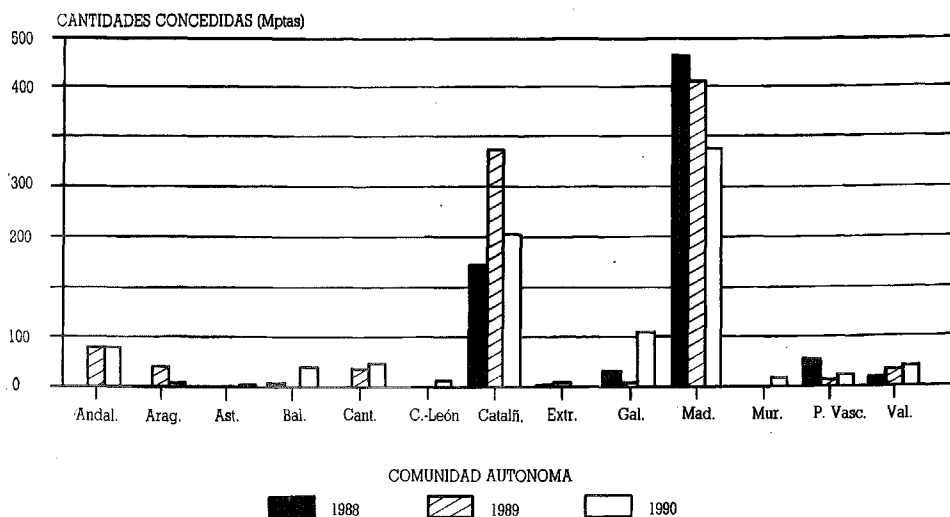
de desarrollo del Programa. Es de señalar que un 32 por ciento de toda la formación en el extranjero que se ha realizado en el área de tecnologías de la producción y las comunicaciones ha sido llevado a cabo por este programa. La mayor concentración de becarios, como es lógico, sigue dándose en Madrid y Barcelona, pero con toda seguridad una parte de estos becarios, una vez concluidos sus estudios, pasarán a integrarse bien en otras regiones o bien en las industrias del sector.

Movilización de personal

Si, como se ha dicho antes, el número de personas trabajando en objetivos relacionados con las TIC era relativamente escaso al iniciarse el mismo, a lo largo de los



Formación personal investigador. Distribución comunidades autónomas.



Formación personal investigador. Distribución comunidades autónomas.

tres años habidos hasta el presente se han logrado dos objetivos significativos. Por una parte, el número se ha incrementado gracias a grupos que, trabajando previamente en otros sectores próximos, se han acercado hasta las líneas prioritarias de actuación del Programa, así como se han creado otros totalmente nuevos y que han surgido por la presencia del mismo. Por otra parte, la repartición geográfica, fuente siempre de problemas, ha iniciado un lento despegue con respecto a la situación anterior.

Así, si en 1988 el número total de investigadores trabajando en los diferentes proyectos aprobados era de 140, que se correspondían con un *equivalente a jornada completa* (EJC) de 100, en 1989 este número pasó a 350 (180 EJC) y en 1990 a 300 (150 EJC). El número total de investigadores que trabajan así hoy en TIC es de 790 (430 EJC). Este número, aunque por descontado es inferior a los países con niveles socioeconómicos equivalentes al nuestro, comienza a acercarse al deseable. Por otra parte, la distribución geográfica a que se hacía mención antes ha comenzado a ser significativa. En la última convocatoria, 12 de las 17 Comunidades Autónomas han participado ya en la repartición de fondos y, aunque como es lógico una cantidad todavía significativa sigue siendo destinada a los grupos de Madrid y Barcelona, Comunidades Autónomas como las de Asturias, Murcia o Castilla-La Mancha han iniciado ya tareas en este campo.

Cobertura de objetivos

De una manera global puede decirse que las siete líneas prioritarias que se indicaron anteriormente han sido cubiertas con un grado bastante uniforme de aceptación. Es de resaltar, como hecho sobresaliente, el fuerte despegue que ha resultado en la línea de tecnologías de radiaciones ópticas. Como ya se indicó anteriormente, nuestro país era absolutamente deficitario en este terreno y este hecho había de ser corregido de manera drástica, dada la importancia que en el próximo futuro tendrán estas tecnologías. Como resultado de la acción del programa, el número de proyectos relacionados con tecnologías de radiaciones ópticas o fotónicas que fue concedido en el año 1990 fue tres veces superior al total de los dos años anteriores. De hecho, fue también esta área la que más fondos recibió.

Un hecho paralelo, que también debe de ser puesto de manifiesto, es el inicio de actividades concretas, en determinadas líneas prioritarias, para fomentar actividades coordinadas entre grupos que trabajan en entornos equivalentes. En concreto, durante el año 1989 se inició una acción destinada a la estructuración de acciones en arquitecturas paralelas que aglutinó a todos los grupos españoles existentes y activos en dicho segmento técnico. Un camino como éste, orientado hacia objetivos finalistas, parece puede ser un excelente cauce para plantear otras líneas en el futuro.

Por lo que respecta a la otra gran laguna de este entorno, la de la Infraestructura, el equilibrio regional, aunque todavía no conseguido, también ha iniciado su despegue en los últimos tres años. Así, en las últimas convocatorias sólo cuatro Comunidades Autónomas no han recibido ayudas de este tipo.

Como hecho significativo, y también en la línea de coordinación de esfuerzos, el programa inició el fomento de uso de grandes máquinas de cálculo en diferentes centros del país. Una de las acciones emprendidas dio lugar a un convenio para que el grupo receptor de la instalación procediera en el futuro a tareas de formación en el resto de los grupos españoles. Esto es importante dado que, en muchas ocasiones, no es la falta de grandes máquinas de cálculo el problema, sino la ignorancia de su uso.

Impacto de los Programas Europeos

Una de las acciones que el programa de TIC ha tenido siempre como prioritaria ha sido la de fomentar y estimular la participación de los grupos españoles en los diferentes programas europeos que tuvieran relación con las tecnologías en él involucradas. Basándose en estos hechos, por una parte, algunas de las líneas prioritarias se plantearon de acuerdo con determinados objetivos de programas como el RACE o ESPRIT. Por otra, a lo largo de estos tres últimos años, todos aquellos grupos de I+D que se encontraban participando en proyectos de la CEE recibieron una atención especial por parte de los gestores de los Programas, recibiendo, por una parte, el porcentaje correspondiente a la aportación española y, por otra, su tiempo de dedicación a los mismos no fue contabilizado como parte del nominalmente establecido como posible, de acuerdo con su situación administrativa.

A lo largo de los tres años de existencia del programa, el número de proyectos CEE que han sido contabilizados dentro de la anterior mecánica es de 26, lo que supone una cifra no demasiado elevada, pero que, dada la situación de nuestro país, puede considerarse como parcialmente satisfactoria. Es de señalar que la temática de los mismos fue totalmente coincidente con la señalada como prioritaria dentro del Programa de TIC, aunque, dado el carácter de los proyectos CEE, su énfasis fue algo diferente del que habría sido si hubieran constituido proyectos normales del Programa. Esto se debe al carácter precompetitivo de RACE y ESPRIT y que, en cierta manera, complementa el segmento de actuación de los Programas Nacionales.

Proyectos Concertados de Investigación

Dentro del Plan Nacional, uno de los apartados que desde su inicio ha recibido una particular atención es el correspondiente al fomento de las relaciones entre los

diferentes entornos académicos de I + D y las empresas del sector. Y si en otros programas la importancia de este tema es grande, en este caso lo es mucho más dada la necesidad de acompasar las trayectorias de ambos. Como ha sido apuntado anteriormente, estas relaciones existían ya desde antes de la implantación del Plan Nacional, aunque la forma de ser llevadas a cabo eran, quizá, más desde una situación de relaciones personales que por una situación claramente establecida. La puesta en marcha de los planes concertados, versión previa de los actuales Proyectos Concertados, supuso la instauración de un cauce estructurado para el fomento de las antedichas relaciones. Estos tres últimos años han demostrado la validez del planteamiento tomado, por lo que procede hacer un pequeño análisis de lo ocurrido desde enero de 1988.

El primer hecho que merece ser resaltado es la constatación del interés despertado entre las empresas del sector por este tipo de acción. De una forma mayoritaria han presentado al organismo gestor sus propuestas que, si bien eran un tanto confusas y precipitadas el primer año, a lo largo del tiempo han ido tomando forma y convirtiéndose en proyectos reales de I + D con una alta colaboración entre la empresa y el centro público. A lo anterior hay que añadir el hecho de que el carácter horizontal que tomó el programa en esta su primera fase, ha contribuido a la movilización de empresas ya creadas e, incluso, a la creación de otras nuevas, centradas en temas muy concretos y que, por lo general, tenían una fuerte correlación con objetivos de trabajo de determinados centros públicos.

Como hecho significativo que hay también que recalcar está el de que la demanda de proyectos en este área ha sido muy superior a la del resto. Dadas las disponibilidades presupuestarias existentes, la relación de proyectos concedidos a proyectos presentados ha sido de una a cinco, cifra muy inferior a la del resto de los otros programas, pero que demuestra la gran actividad existente en el sector.

Y pasando ya al contenido de los proyectos aprobados, que es lo que realmente puede dar una visión concreta de cuál es la situación de nuestra industria en temas de I + D relacionados con las TIC, lo primero que se observa es un equilibrio bastante ajustado entre las distintas tecnologías implicadas, salvo los matices que luego indicaremos. Este equilibrio viene a representar el respaldo industrial que existe detrás de las actividades emprendidas por el Programa, así como un mercado potencial que, de acuerdo con todos los indicadores, está en continua alza, y un verdadero deseo de adquirir tecnología como único medio de mejora de la competitividad de las empresas.

Pero a pesar de todo ello, y como se ha esbozado en el párrafo anterior, aunque se dispone de un número relativamente significativo de profesionales con medios bastante importantes en algunas áreas, la repartición no es equiparable en todas las consideradas como prioritarias en el programa. Así, puede comprobarse que existe

una gran actividad en el sector de servicios e ingeniería de sistemas, con énfasis en desarrollos *software* orientados a aplicaciones específicas, pero que aparecen lagunas en herramientas de desarrollo de *software*, metodologías de especialización formal y entornos del objeto. Además de esto, áreas como radiofrecuencia, codificación y procesado de la señal o análisis y simulación de sistemas, han registrado demandas compensadas en entornos de interés, relativos en su mayoría a técnicas RF y microondas, reducción del régimen binario de la señal de TV de alta definición, o gestión de redes e ingeniería de servicios de telecomunicación. Otras áreas, por el contrario, son muy deficitarias y a modo de ejemplo puede señalarse la de arquitecturas, en la que se nota una absoluta carencia de desarrollo en temas de procesado paralelo para ordenadores de la quinta generación, a pesar de la fuerte actividad académica que ya se indicó anteriormente. También es significativa la carencia de actividad empresarial en radiaciones ópticas, tema este en el que se nota una falta de inquietud entre las industrias para entrar en temas como el del desarrollo de sistemas de transmisión coherente por fibra óptica, hecho que puede tener graves consecuencias en el futuro de la situación de nuestro país, principalmente cuando se trata de planificar, fabricar y definir las futuras redes europeas de comunicaciones de banda ancha, tema que constituye el objetivo central del programa RACE de la CEE. Este hecho se agrava si a él se le agregan las notorias deficiencias en el sector de la optoelectrónica, en particular, y en el de la fotónica en general. Temas como las tecnologías de la computación óptica o el almacenamiento y procesado óptico de información están por completo ausentes de la actividad habitual de nuestro país.

Si pasamos a ceñirnos a un enfoque más sectorial de las actividades del programa de TIC en los últimos años, podemos ver que el sector de comunicaciones se ha mostrado mucho más activo sobre todo cuando se ha apoyado en tecnologías afines de otros sectores. Éste es el caso, por ejemplo, del *software*. De hecho, se han llegado a entrelazar completamente en algunos casos, formando un cuerpo único. En concreto, las empresas de comunicaciones no ofrecen al mercado procesos o tecnologías aisladas, sino verdaderas soluciones integradas al cliente, que incluyen equipos de comunicaciones y paquetes de *software* diseñados específicamente para el potencial comprador.

Finalmente, y volviendo al tema del *software*, ya se dijo antes el creciente peso que está adquiriendo el subsector de servicios y sistemas frente al de herramientas y metodologías. Esto es una lógica consecuencia del tirón del mercado y del interés de las industrias por resultar más competitivas dentro del entorno europeo. No obstante, el interés por las tecnologías básicas del *software* sigue manteniéndose principalmente en aquellas propuestas en las que el centro público tiene un mayor peso. Esto, como es evidente, es una apuesta por asentarse en una mejor posición a medio y largo plazo.

3.4. Recomendaciones

De todo lo expuesto hasta aquí parece claro el hecho de que la forma de incidir sobre el desarrollo futuro de las tecnologías de la información y las comunicaciones ha de ser, por fuerza, muy diferente de la de tecnologías más convencionales y con un asentamiento muy claro. La rápida evolución que las TIC están teniendo en los últimos años no permite planteamientos estáticos que puedan ser seguidos de manera fija a lo largo del tiempo. De hecho, esta misma situación se repite año tras año en los programas correspondientes del Programa Marco de la CEE, así como en los que se llevan a cabo en Estados Unidos y Japón. Es necesaria una readaptación constante a las necesidades de cada momento y, como consecuencia, los planteamientos que se establezcan en una determinada situación pueden dejar de ser válidos al cabo de tan sólo un año.

A pesar de lo anterior, una cosa es ciertamente segura. Y ésta no es otra que la necesidad de mantener constantemente entrenados a los diferentes grupos existentes en nuestro país en las tecnologías que les sean más afines. El realizar saltos en el vacío nunca ha sido favorable y si, como se ha dicho anteriormente, estas tecnologías evolucionan constantemente hacia grados de sofisticación cada vez más altos, todo país que pretenda mantener un nivel concorde con un cierto protagonismo en su entorno, ha de estar preparado para cualquier desarrollo que pueda ser necesario.

Por ello, aunque algunos de los objetivos planteados al inicio de las tareas de redacción del Plan Nacional de I + D hayan sido ya cumplidos, no por ello pueden dejarse los grupos académicos sin el constante apoyo de mantenimiento de sus infraestructuras de acuerdo con los requisitos de cada situación, ni pueden cortarse las tareas de formación de personal especializado, cada día más necesario. La realización, por otra parte, de proyectos de investigación centrados en torno a dos ideas básicas: por una parte, la de puesta en práctica de los más recientes desarrollos o, lo que es lo mismo, la realización de proyectos de un nivel científico elevado, independientemente de su próxima o no aplicación industrial, y por otra, la del planteamiento de líneas de I + D de carácter finalista, con unos objetivos plenamente determinados, de acuerdo con lo planteado en la nueva configuración del próximo Plan Nacional, ha de suponer un nuevo paso adelante en la evolución de nuestro Sistema Ciencia-Tecnología.

Conjuntamente con lo anterior, parece precisa la determinación de qué líneas son en las que verdaderamente puede nuestro país desempeñar un papel significativo. Para llegar a un resultado en este terreno es preciso tener en cuenta una serie de factores, entre los que pueden mencionarse los siguientes:

Ciencia, tecnología e industria en España

- a) Situación mundial de los nichos tecnológicos más significativos. Principalmente grupos activos.
- b) Situación real de los grupos académicos e industriales de nuestro país, atendiendo a su potencial, a su nivel científico y tecnológico y a su capacidad de respuesta.
- c) Necesidades de carácter social.
- d) Posibilidades de repercusión en otras tecnologías.
- e) Coordinación con otros Programas, tanto nacionales como de la CEE.